

Математическое моделирование процессов в водохранилище на реке Эшкакон и ее практическая значимость

В.С.Алёшин, А.А.Онищенко
(РГСУ, г.Ростов-на-Дону)

Математические модели все более прочно входят в практику исследований и проектирования систем водоснабжения. Универсальность абстрактного языка математики позволяет обобщать экспериментальные результаты, дает возможность широкого обзора вариантов, как самих систем, так и их технологических режимов эксплуатации, что в свою очередь позволяет отобрать наиболее оптимальные варианты технологических схем комплексов [1,2].

Техника построения модели в области водоочистки зачастую составляет своего рода искусство, доступное разве что математику. Более подробный анализ сущности формализации процесса дает количественные закономерности процесса в блоке. Это означает, что для заданных входных условий блока, используя формализацию процесса, всегда можно найти его результат на выходе. Очевидно, мы имеем дело с предсказанием результата процесса в блоке по входным условиям и формальному представлению процесса. Математическая модель позволяет прогнозировать работу блока [3,4].

При прогнозировании с помощью модели, нельзя сказать о самом процессе, ведь формализация предполагает абстрагирование от внутреннего смысла процесса. Жертвуя пониманием сущности процесса, приобретаем возможность предсказывать его результат. Такой подход является типично прагматическим, то, несомненно, устраивает как эксплуатационника, так и химика-технолога.

В случае зависимости от времени входных условий, которые называются внешним воздействием или просто воздействием на блок, для заданной формализации процесса в блоке можно прогнозировать его результат на любой момент времени. Такой мгновенный результат воздействия называют откликом блока на воздействие.

Процессом в блоке можно управлять, изменяя параметры формализации, определенным образом дозируя реагент, как-то воздействуя на гидродинамику потока. Такое управление отличается от воздействия своей целенаправленностью.

Управляемая технология оптимальна не только по параметрам отклика, но и позволяет экономить реагенты, в какой-то мере упрощает обслуживание комплекса, но самое главное – гарантирует высокую надежность эксплуатации.

Рассмотрим математическую модель водохранилища как предварительного отстойника, в котором происходит перемешивание потока воды [5]:

$$C_{\text{ВЫХ}} = C_{\text{ВХ}} (1+u/v)^{-1}$$

где u – скорость осаждения; v – скорость транспортного потока.

Эффект отстойника с такой моделью равен:

$$K=(1+u/v)^{-1}$$

Потери воды в водохранилище-отстойнике незначительны, т.е.:

$$T=T_1 =T_2 +V/Q$$

Эффект реактора смешения равен:

$$K=(1+RT)^{-1}$$

$$RT=u/v$$

Откуда:

$$R=u/vT=uQ/vV=uS/V=uh$$

где V – объем отстойника; S - площадь поперечного сечения блока; h - длина в направлении V .

Процесс осаждения в блоке происходит с кинетикой первого порядка:

$$C_{\text{ВЫХ}} =-rC_{\text{ВХ}}/p$$

После интегрирования распределение концентрации по высоте со временем, характерное для седиментации по классической теории Эйнштейна-Самолуховского, будет иметь вид:

$$\int \frac{h}{\hat{t}} C_{\text{вых}} dh = - \int \frac{h}{\hat{t}} (u C_{\text{вх}} dh) / h$$

$$C_{\text{вых}} = -u C_{\text{вх}} \ln |h|$$

Под h понимается координата точки, отсчитанная от некоторого уровня воды. Кинетическая запись процесса дает распределение скорости осаждения, а ее интеграл - распределение концентрации по высоте на любой момент времени.

В таблице 1 представлены расчёты по математической модели Эшкаконского водохранилища как предварительного отстойника, в створе сечения 1-1, близко расположенному к водозаборному сооружению [6].

Таблица 1

Расчеты по математической модели Эшкаконского водохранилища

№ п/п	H, м	C _{вх} мг/л	C _{вых} мг/л	V, мм/с	ln h
1	2	3	4	5	6
В межень					
1	2	150	1	0,0096	0,6931
2	10	150	2,5	0,0078	2,3
3	20	150	5	0,011	2,996
4	24	150	10	0,021	3,178
5	32	150	30	0,058	3,466
6	40	150	50	0,09	3,689
7	47	150	100	0,173	3,85
8	SO	150	150	0,253	3,912
В паводок					
1	2	1500	50	0,048	0,6931
2	10	1500	100	0,035	2,3
3	15	1500	200	0,049	2,7
4	20	1500	300	0,067	2,996
5	30	1500	500	0,098	3,4
6	44	1500	1000	0,176	3,784
7	48	1500	1500	0,258	3,871

Полученные расчеты скорости осаждения по математической модели практически не отличаются от лабораторных исследований.

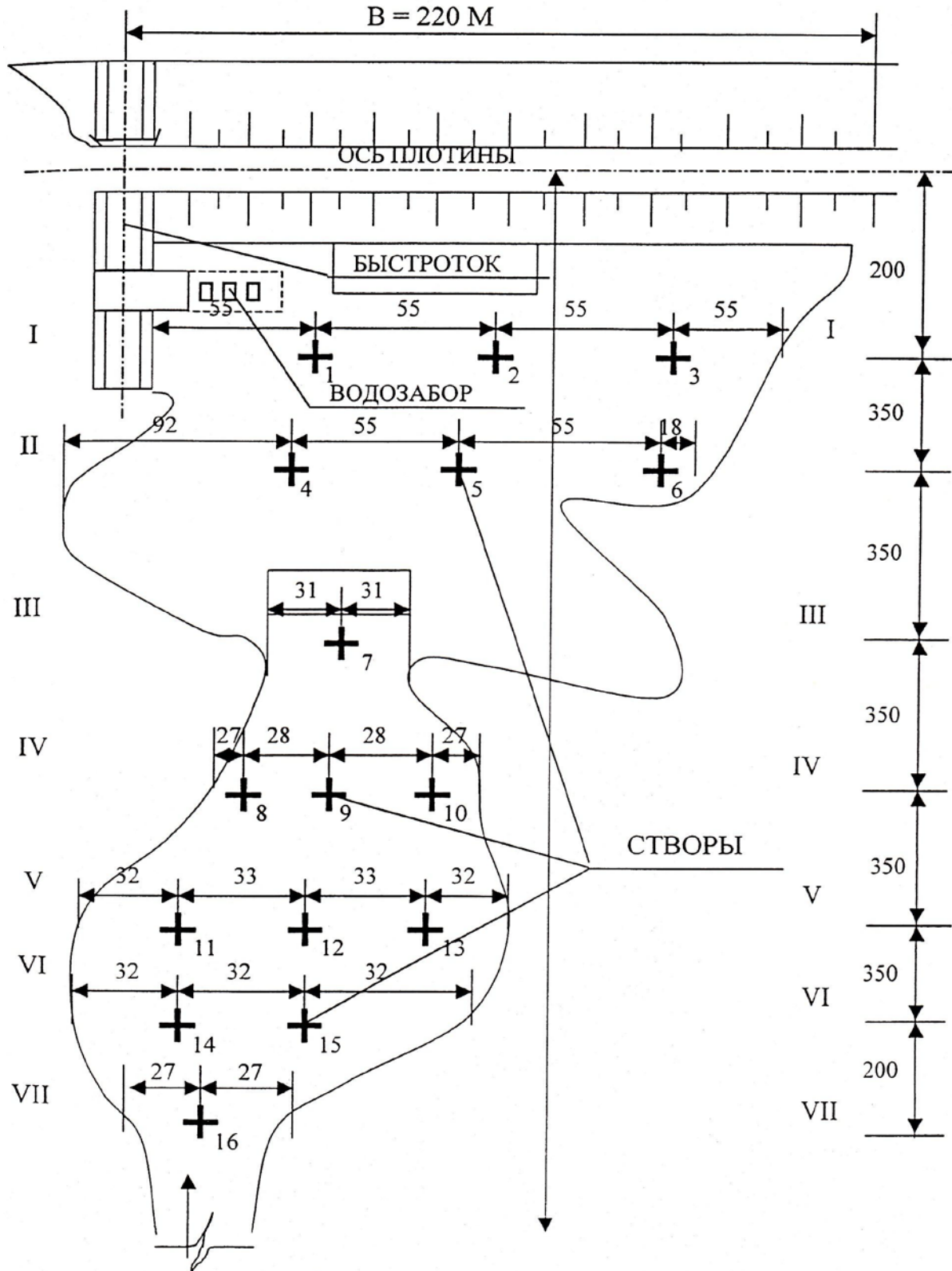


Рисунок 1 Створы на поверхности водохранилища для отбора и исследований проб воды и осадка.

I – VII – поперечные сечения водохранилища;

1 – 16 – номера отбора проб по створам.

Выводы :

1. Проведенные эксперименты регулируемого Эшкаконского водохранилища показали, что оно является огромным предварительным отстойником, в котором происходит очистка воды перед водозаборным сооружением;
2. При многолетних исследованиях выяснилось, что качество воды в водохранилище по всем показателям практически соответствует СанПиНу и обработка её в течение 7-8 месяцев возможна без применения реагентов;
3. Исходя из п.2 выводов, предварительно очищенную воду водохранилища можно подавать для окончательной очистки непосредственно на скорые фильтры с последующим обеззараживанием и подачей потребителю.

Список литературы:

1. Будлей В.Р. Моделирование гидромелиоративных систем. - Киев.: Наукова Дума, 1975, 195 с.
2. А.А.Смоляниченко, А.В.Тихонов, П.Н.Науменко, Н.С.Серпокрьлов. Исследование массообменных характеристик аэроторов RENAУ RAUBIOXON. Материалы международной научно-практической конференции «Строительство-2012». Ростов-на-Дону.: РГСУ, 2012
3. Н.С.Серпокрьлов, Н.Н.Куля. Моделирование линий токов с помощью программного оборудования ANSYS 11. Материалы международной научно-практической конференции «Строительство-2012». Ростов-на-Дону.: РГСУ, 2012
4. Железняков Г.В., Данилевич Б.Б. Точность гидрологических измерений и расчетов. Л.: Гидрометеиздат, 1966, 115 с.
5. Математические модели контроля загрязнения воды./ Под ред. Джеймса А. – М.: Мир, 1981, 483 с
6. Алешин В.С. Очистка природной низкотемпературной воды. Ростов-на-Дону.: Ростиздат, 2005, 250 с.